

SIMULANDO O IMPACTO DA MUDANÇA CLIMÁTICA SOBRE A ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO E O RENDIMENTO DE AGROECOSSISTEMAS DE TRIGO, SOJA E MILHO EM SANTA MARIA, RS.¹

Cleber Maus Alberto², Nereu Augusto Streck³, Isabel Lago⁴

ABSTRACT - Human activities have been blamed to increase the CO₂ concentration of the Earth's atmosphere. Earth temperature may increase in response to increasing CO₂ concentration. The impact of the projected climate change on soil water and agroecosystems yield is an important and relevant issue both from a scientific and political viewpoint. The objective of this study was to simulate the soil water and the yield of wheat, soybean and maize under climate change scenarios at Santa Maria, RS. Air temperature and rainfall were modified to create climate change scenarios. Soil water and crop yield were simulated with models available in the literature. The results showed that the increase in air temperature decreases more wheat and corn yield than soybean yield. The fraction transpirable of soil water affects more soybean and maize yield than wheat yield.

INTRODUÇÃO

A concentração de CO₂ da atmosfera terrestre está aumentando, como resultado direto das atividades humanas, a uma taxa de 0,4-0,5% ano⁻¹ o que corresponde a um aumento de 1,0 – 1,8 μmol CO₂ mol⁻¹ ano⁻¹ (IPCC, 1995). Como resultado do aumento da concentração de CO₂ atmosférico, a temperatura média do ar do Planeta poderá aumentar neste período devido ao efeito estufa do CO₂ atmosférico (IPCC, 1995). Modelos de circulação geral da atmosfera (GCM – General Circulation Models) indicam que é bastante provável que se verifique um aumento de 1 a 6°C na temperatura média do ar até o final deste século em vários locais do Planeta, incluindo o Brasil (Siqueira et al., 2000).

Modelos matemáticos são uma simplificação da realidade que nos permitem descrever as complicadas interações que existem em agroecossistemas e assim tornar possível o estudo do impacto de mudanças nos elementos meteorológicos e no clima sobre agroecossistemas. Uma opção para a simulação do rendimento de culturas e balanço de água no solo é a utilização de modelos matemáticos mecanísticos simplificados, que utilizam um reduzido número de informações, são compostos por funções matemáticas robustas e podem ser usados para diversas situações.

O trigo é a principal cultura de inverno (Berlato & Fontana, 2003), enquanto que a soja e o milho são as principais culturas de sequeiro de verão do Estado do Rio Grande do Sul. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o impacto da possível mudança climática sobre o balanço de água do solo e o rendimento das culturas do trigo, soja e milho em Santa Maria, RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo numérico foi realizado para as condições de Santa Maria, RS, Brasil (latitude: 29°43'S, longitude: 53°42'W e altitude: 95m). O clima da região, conforme classificação de Köppen, é do tipo Cfa subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida. Foram utilizados dados diários de temperatura máxima (Tx, em °C) e mínima (Tn, em °C), brilho solar (h) e precipitação (PP, em mm) coletados na estação climatológica principal do 8º DISME/MA localizada no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria durante o período de 1969 a 2003.

Os modelos de Amir & Slinclair (1991), Sinclair (1986) e Muchow & Sinclair (1991) foram utilizados para simular o rendimento e o balanço hídrico no solo para as culturas de trigo, soja e milho, respectivamente.

O cenário sem mudança climática, projetada para 100 anos, foi criado com o weather generator LARS-WG (Semenov et al., 1998). Os aumentos de temperatura e precipitação propostos pelos diferentes cenários (Tabela 1) foram efetuados linearmente, sendo que o aumento total de temperatura só ocorreu no final do período de 100 anos. O aumento linear de temperatura, eficiência no uso de radiação (EUR), eficiência do uso da água (EUA) e precipitação pluviométrica (PP) para cenários de mudança climática foram criados a partir de algoritmo escrito em SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os modelos a fração transpirável de água no solo (FTSW) apresentou tendência de diminuição da correlação, tornando-a mais negativa com o aumento de temperatura (Tabela 2).

A FTSW calculada pelos modelos de Tom Sinclair e colaboradores geralmente apresentaram tendência de diminuição com aumento de temperatura (Tabela 2), mas apenas para o trigo no cenário de mais 6°C (cenário 7) e milho nos cenários de mais 5 e 6°C (cenários 7, 8 e 13) estas tendências foram significativas (p < 0,01).

Para a cultura do trigo (Figura 1) observa-se uma forte tendência de decréscimo no rendimento no final do século a medida que a temperatura aumenta, independente se a precipitação aumenta ou não. Os desvios do rendimento de trigo são positivos até um aumento de 3°C. Um aumento de temperatura do ar acima de 3°C anulou os efeitos positivos do aumento de CO₂ sobre o rendimento de trigo e causa desvios negativos no rendimento de grãos. O menor rendimento do trigo foi obtido no cenário com aumento de 6°C na temperatura e sem mudança na precipitação pluviométrica (-0,31) e o maior rendimento foi obtido no cenário 8 (0,26).

¹ Trabalho financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES).

² Aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. Bolsista da CAPES (cleberalb@yahoo.com.br)

³ Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM. 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil (nstreck1@smail.ufsm.br)

⁴ Aluna do curso de Graduação em Agronomia, CCR, UFSM. Bolsista BIC/FAPERGS.

Para a cultura da soja observou-se redução dos desvios de rendimento com aumento de temperatura, mas apenas um aumento de 6°C (cenário 7) causaria um desvio negativo (-0,01). O maior rendimento de grãos de soja em relação ao cenário sem mudança climática foi obtido nos cenários 8 (0,31). Este valor concorda com valores citados na literatura que sugerem aumento de rendimento de 10 – 53% para plantas C₃ (Bernarde, 1991) para concentração de CO₂ equivalente ao dobro da atual.

Tabela 1 – Cenários meteorológicos de mudança climática para Santa Maria, RS, Brasil, utilizados neste estudo numérico.

Cenário	Tm* (°C)	[CO ₂] (ppm)	Precipitação (%)			
			Dez- Fev	Mar- Mai	Jun- Ago	Set- Nov
1	-	350	-	-	-	-
2	-	700	-	-	-	-
3	+	700	-	-	-	-
2°C						
4	+3°C	700	-	-	-	-
5	+4°C	700	-	-	-	-
6	+5°C	700	-	-	-	-
7	+6°C	700	-	-	-	-
8	-	700	+7	+17	+4	+25
9	+2°C	700	+7	+17	+4	+25
10	+3°C	700	+7	+17	+4	+25
11	+4°C	700	+7	+17	+4	+25
12	+5°C	700	+7	+17	+4	+25
13	+6°C	700	+7	+17	+4	+25

*Tm = Temperatura média

Tabela 2 – Valores do coeficiente de correlação de Kendall Tau entre FTSW e anos em diferentes cenários de mudança climática simulada por modelos matemáticos para as culturas de trigo, soja, e milho, Santa Maria, RS.

Cenário Climático	Trigo	Soja	Milho
	AMIR & SINCLAIR (1991)	SINCLAIR (1986)	MUCHOW & SiINCLAIR (1991)
1	-0,051717	0,013812	-0,001443
2	-0,029091	0,086786	0,166357
3	-0,074747	0,024119	-0,131313
4	-0,096566	-0,005566	-0,146568
5	-0,116768	-0,035663	-0,175015
6	-0,149091	-0,069882	-0,204700*
7	-0,179798*	-0,106164	-0,236446*
8	0,024646	0,130489	0,184910*
9	-0,040404	0,070707	-0,088848
10	-0,068687	0,034426	-0,109050
11	-0,090101	-0,006803	-0,146155
12	-0,107475	-0,034014	-0,167182
13	-0,132929	-0,066996	-0,189858*

* significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Cenários com aumento de temperatura do ar reduziram o rendimento de grãos de milho quando comparados com o cenário que considerou somente o aumento de CO₂ (Figura 8). O maior aumento de rendimento de grãos de milho foi simulado para o cenário 8 (0,30) e a maior diminuição de rendimento de grãos foi obtido no cenário 7 (-0,36)

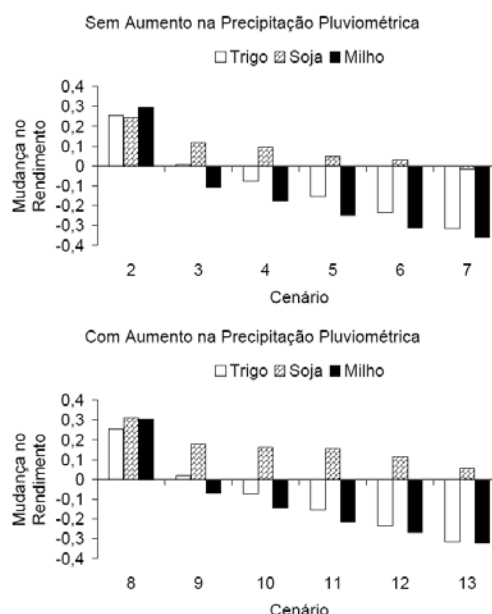


Figura 1 - Mudança relativa no rendimento de grãos simulado das culturas de trigo, soja e milho em relação ao cenário sem mudança climática em diferentes cenários climáticos com aumento de CO₂ para Santa Maria, RS. As barras representam a média dos últimos 10 anos de cada cenário. Para descrição dos cenários, consultar Tabela 1.

REFERÊNCIAS

- Amir, J., Sinclair, T.R. A model of water limitation on spring wheat growth and yield. *Field Crops Research*, v. 29, n. 1, p. 59-96, 1991.
- Berlato, M.A.; Fontana, D.C. *El Niño e La Niña: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura*. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2003. 110 p.
- Bernarde, M. A. *Global Warming*. John Wiley and Sons, p. 317, 1991.
- Muchow, R. C., Sinclair, T. R. Water deficit effects on maize yields modeled under current and "Greenhouse" climates. *Agronomy Journal*, v.83, p.1052-1059, 1991.
- Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. *Climate Research*, v.10, n.1, p.95-107, 1998.
- Sinclair, T.R. Water and nitrogen limitations in soybean grain production. I. Model development. *Field Crops Research*, v.15, n.2, p.125-141, 1986.
- Siqueira, O.J.W., Steinmetz, S., Ferreira, M.F. et al. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. *Rev. Bras. Agrometeorologia*, v.8, n.2, p.311-320, 2000.